

全国煤炭高职高专（成人）“十一五”规划教材

井巷工程

吕建青 主编



Jinghang Gongcheng

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材

井巷工程

主 编 吕建青

副主编 郜进海

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书在简介岩石的性质、分类、破碎理论的基础上,较为详细地讲述了巷道断面设计、井巷支护、岩巷施工,以及煤与半煤岩巷、硐室和交岔点、井筒、特殊条件下的巷道等的施工方法和工艺,并就巷道施工的组织与管理进行了简要介绍。

本书可作为高职、高专及成人院校相关专业学生的教学用书,亦可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

井巷工程/吕建青主编. —徐州:中国矿业大学出版社,
2007.11

全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7- 81107 - 783 - 4

I. 井… II. 吕… III. 井巷工程—高等学校;技术学校—
教材 IV. TD26

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 174267 号

书 名 井巷工程

主 编 吕建青

责任编辑 耿东锋 孙建波

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 19.5 字数 486 千字

版次印次 2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷

定 价 27.50 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材 建设委员会成员名单

主 任:李增全

副 主 任:刘咸卫 胡卫民 刘发威 仵自连

委 员:(按姓氏笔画为序)

牛耀宏 王廷弼 王自学 王宪军

王春阁 石 兴 刘卫国 刘景山

张 军 张 浩 张贵金 李玉文

李兴业 李式范 李学忠 李维安

杜俊林 陈润叶 周智仁 荆双喜

贺丰年 郝巨才 唐又驰 高丽玲

彭志刚

秘 书 长:王廷弼 李式范

副秘书长:耿东锋 孙建波

煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材 煤矿开采技术专业编审委员会成员名单

主 任:胡卫民

副主任:李学忠 杜俊林 张吉春

委 员:(按姓氏笔画为序)

吕建青	张占斌	张 浩	张登明
李德忠	杨红涛	胡海峰	赵济荣
姬 婧	贾琇明	曾 旗	蒋金泉
漆旺生			

前 言

为满足煤炭成人教育发展的需要,中国煤炭教育协会职工教育分会组织全国煤炭成人高校与全国煤炭高等职业教育院校教师,组成了全国煤炭成人高校教材建设委员会。同时与中国矿业大学出版社组织了这次煤炭成人高校矿业类主体专业“十一五”规划系列教材的编写工作。本《井巷工程》就是该系列规划教材中,成人高校煤矿开采技术专业(专科)教材之一。本教材就是为适应当前成人高校“井巷工程”课程教学改革的需要而编写的。

教材的编写原则是:在内容上力求创新,除旧立新。在符合现行规程、规范和国家行业技术政策要求的基础上,特别注重对学生动手实践能力培养的指导作用,编写中力求体现目前井巷工程的新技术、新工艺、新材料与新设备的运用。

全书共分十一章,由山西煤炭管理干部学院吕建青同志任主编,河南理工大学郜进海同志任副主编。具体编写分工如下:第一章、第九章由平顶山工业职业技术学院韩恒梅老师编写;第二章由郑州经济管理干部学院王公忠老师编写;第三章、第四章由河南理工大学韦四江老师编写;第五章由河南理工大学徐学锋老师编写;第六章、第七章由郑州经济管理干部学院张惠聚老师编写;第八章、第十章由河南理工大学郜进海老师编写;第十一章由山西煤炭管理干部学院吕建青编写,同时参与了第一章及第九章的部分编写工作。全书由吕建青统稿。初稿完成后聘请了西山煤电集团有限责任公司副总工程师(高级工程师)范新民同志审阅了书稿,并提出了宝贵的意见。

本书在编写过程中得到了参加编写老师所在院校领导及相关老师和专家的关心与支持,并提出了很多宝贵意见,在此谨向他们表示感谢。

本书在编写过程中参考了众多的文献资料,在书后参考文献中可能并没有一一列出,在此向所有的文献作者致谢。

编者

2007年5月

目 录

第一章 岩石的性质与工程分类	1
第一节 概述.....	1
第二节 岩石的物理性质.....	3
第三节 岩石的力学性质.....	6
第四节 岩石分级和围岩分类.....	8
第五节 井巷地压理论	14
思考题	19
第二章 岩石的破碎理论	21
第一节 概述	21
第二节 爆炸理论与炸药	22
第三节 矿用炸药与起爆器材	25
第四节 钻眼机具及其破岩方法	37
第五节 爆破破岩原理与爆破安全	49
思考题	56
第三章 巷道断面设计	57
第一节 巷道分类概述	57
第二节 巷道断面形状选择	60
第三节 巷道断面尺寸的确定	62
第四节 巷道断面内水沟和管线布置	75
第五节 巷道断面设计示例	77
思考题	81
井巷断面设计课程设计	81
第四章 井巷支护	82
第一节 巷道支架的类型	82
第二节 棚式支架	84
第三节 锚喷支护	87
思考题.....	114

第五章 岩巷施工	115
第一节 钻眼爆破法施工岩石平巷.....	115
第二节 装岩工作.....	134
第三节 全断面岩石掘进机施工岩石平巷.....	147
第四节 岩石巷道施工机械化作业线的组织.....	150
第五节 岩石巷道施工的通风与安全技术措施.....	152
思考题.....	157
第六章 煤与半煤岩巷道的施工	158
第一节 概述.....	158
第二节 煤巷施工.....	159
第三节 半煤岩巷道施工.....	172
第四节 煤与半煤岩巷道施工的通风与安全技术措施.....	174
思考题.....	180
第七章 硐室和交岔点的施工	181
第一节 硐室施工.....	181
第二节 交岔点设计与施工.....	185
第三节 井下煤仓施工.....	198
思考题.....	209
第八章 特殊条件下的巷道施工	210
第一节 巷道通过松软岩层的施工.....	210
第二节 巷道通过破碎带的施工.....	221
第三节 揭开煤与瓦斯突出煤层的施工方法.....	223
思考题.....	230
第九章 巷道施工组织与管理	231
第一节 一次成巷及其作业方式.....	231
第二节 施工组织与正规循环作业.....	233
第三节 劳动组织和施工管理.....	239
第四节 作业规程的编制与贯彻实施.....	244
思考题.....	248
巷道施工设计与组织课程设计.....	248
第十章 井筒施工	249
第一节 井筒断面设计.....	250
第二节 斜井表土施工.....	258
第三节 立井表土施工.....	261

第四节 立井基岩施工.....	263
思考题.....	288
第十一章 立井井筒延深.....	289
第一节 利用辅助水平延深.....	289
第二节 利用梯子间或延深间延深井筒.....	293
第三节 利用反井延深井筒.....	295
第四节 延深井筒的防护设施.....	300
思考题.....	301
参考文献.....	302

第一章 岩石的性质与工程分类

在井巷掘进过程中,既要~~对围岩进行破碎~~,又要~~对围岩加以控制~~,维护井巷稳定。为了有效、合理地进行破岩与井巷维护,就要对岩体的物理力学性质有所了解,并在此基础上对围岩进行科学分类,以便为设计、施工和成本核算提供依据。

第一节 概 述

一、岩石与岩体

(一) 岩体的组成

岩体是指地下工程较大范围内的岩石,它可由一种或几种岩石组成。岩体内存在的层理、节理、不规则裂纹等称为结构。在张开裂隙中,往往充填有水或其他矿物杂质。因此,岩体也可以看做是由岩块组成的地质体。岩体的性质除决定于岩块性质外,在很大程度上受其结构的影响。

从煤矿采掘角度来看,岩体包括以下三部分:

1. 岩石

岩石是指颗粒间牢固联结、呈整体或具有节理、裂隙,并由各种造岩矿物颗粒组成的集合体。岩石是组成整体地壳的自然材料。矿物是组成岩石的细胞,它是地壳中具有一定化学成分和物理性质的自然元素或化合物。

岩石的特性很大程度上取决于它的矿物成分。组成岩石的矿物称为造岩矿物,分原生矿物和次生矿物两大类,常见的主要造岩矿物有 30 多种。

2. 地下水

地下水充填于岩石的孔隙、层理、节理、裂隙、断层甚至溶洞之中。地下水可使岩质软化,强度降低,与井巷工程的设计方案、施工方法与工期、工程投资以及工程长期使用有着密切的关系,若对地下水处理不当,还可能产生不良影响,甚至发生工程事故。

3. 瓦斯

瓦斯是指从井下煤体和围岩中涌出以及生产过程中产生的各种有害气体的总称。在煤系地层中,瓦斯主要是指甲烷(CH_4),瓦斯易积聚于巷道顶部,易扩散,渗透性强,它产生于煤层而又扩散到附近岩体的裂隙或孔洞中。

(二) 岩石的生成及结构、构造

1. 岩石的生成

岩石按其生成原因不同,可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。煤系地层多属沉积岩,只有局部地段才有岩浆岩的侵入。沉积岩是由沉积物经过压紧、胶结等作用而形成的岩

石,是一种经过一系列地质作用的产物。建井工程中常把上述这些固结性岩石统称为基岩;把覆盖在基岩上的松散性沉积物称为表土,如黄土、粘土、砂砾等。

沉积岩是煤矿井下最常见的岩石,煤层本身就是由植物遗体转变而成的沉积岩。煤层的顶板和底板多是由沉积岩组成的,煤矿的井巷工程绝大多数都布置在沉积岩中。因此,沉积岩与煤矿顶板管理关系极为密切。

2. 岩石的结构和构造

(1) 岩石的结构。岩石的结构是指决定岩石组织的各种特征的总和,即岩石中矿物颗粒的结晶程度,矿物或岩石碎屑颗粒的形状和大小,颗粒之间相互联结的状况,以及胶结物的胶结类型特征。

岩体结构是由结构面的发育程度和组合关系决定的。常见的结构体类型有块状结构、层状结构、碎裂结构和松散结构等。其中,块状结构以节理为主,岩体在整体上强度较高,稳定性较好,变形特征上接近于均质弹性各向同性体;层状结构的层理、片理、节理都比较发育,接近均一的各向异性介质,整体强度和稳定性不如块状岩体;碎裂结构的节理断层及断层破碎带交叉,岩体完整性破坏较大,强度受断层及结构面控制,并易受地下水作用的影响,岩体稳定性较差;松散结构的岩体强度遭到极大破坏,稳定性最差。

(2) 岩石的构造。岩石的构造是指岩石中矿物颗粒集合体之间,以及它与其他组成部分之间的排列方式和充填方式。常见的岩石构造有下列三种:

- ① 整体构造:岩石的颗粒互相严密地紧贴在一起,没有固定的排列方向;
- ② 多孔状构造:岩石的颗粒彼此相接并不严密,颗粒之间有许多小空隙(微孔);
- ③ 层状结构:岩石颗粒互相交替,表现出层次叠置现象(层理)。

二、地质构造及其对工程的影响

(一) 地质构造

地质构造包括两个基本要素:结构面和结构体。结构面统称为弱面,结构体就是被结构面所围的完整岩石,通常称为岩块。

煤矿中常见的地质构造有断裂和褶皱。断裂构造又分为裂隙与断层,断层分为正断层、逆断层、平推断层等。褶皱的一个弯曲叫褶曲,褶曲又分为向斜构造和背斜构造。另外还有陷落柱和裂隙带等。最明显的特征是地压显现剧烈,巷道维护困难,围岩整体性差,强度低,易风化,遇水膨胀,自稳时间短。

褶皱是岩石受水平力的作用被挤压形成弯弯曲曲的形状,但保持了岩层的连续性与完整性的构造形态。

断裂构造是岩层受力后遭到破坏,失去连续性和完整性的构造形态。

(二) 地质构造对工程的影响

地质构造对井巷工程的影响主要表现在以下几个方面:

1. 围岩的自稳时间短、来压快

所谓自稳时间,就是巷道在没有任何支护的情况下,围岩从暴露到开始失稳而冒落的时间。软岩巷道的自稳时间仅有几十分钟到几个小时,甚至来不及支护便垮落。来压快是指巷道随掘随支并采取超前支护措施,保证支架的强度和刚度,方能维护巷道围岩不冒落。

巷道围岩自稳时间的长短主要取决于地质构造特征、围岩强度大小、构造应力的的大小与

方向,同时也与巷道断面形状、施工方法和巷道所处的位置有关。

2. 巷道围岩变形量大、速度快、持续时间长

软岩巷道的突出特点就是围岩变形速度快、变形量大、持续时间长。一般巷道穿过构造带时若支护良好,措施得力,一周内即可稳定,但大型构造,地应力很高,岩性极差,掘后1~2天,围岩变形速率就达5~10 mm/d,多的达50~100 mm/d;变形持续时间达25~60 d,甚至长达半年以上仍不稳定。若构造带出现拉应力,又支护不当,巷道报废就是常见的了。

3. 围岩四周来压后,底鼓明显

在较坚硬的岩层中,围岩对支架的压力主要来自顶板,中硬岩层围岩对支架的压力来自顶板和两帮,但在松软岩层中,尤其在构造应力带,巷道围岩四周来压,底鼓明显,若不及时封底,巷道两帮移近、片帮、冒顶,很快使巷道破坏报废。

4. 围岩遇水膨胀,变形加剧

构造带经常赋存有亲水性很强的蒙脱石、伊利石等粘土矿物的夹层,并时常伴有断层裂隙水,一旦巷道揭露,围岩变形加剧,体积膨胀而产生很大的胀鼓力,造成支护失败。

5. 变形地压转化为松动地压

地质构造带因围岩松散、软弱,巷道变形量大、持续时间长,支护措施很难做到卸压充分,让压适度,往往由于巷道多次支护不及时,支护方式不合理,造成变形地压转化为松动地压,使巷道多次翻修仍不能稳定,这是以柔克刚不能奏效的必然结果。

第二节 岩石的物理性质

一、岩石的密度和表观密度

岩石的密度是指在绝对密实状态下,单位体积内岩石的质量。岩石的密度按下式计算:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-2)$$

式中 ρ ——岩石的密度, g/cm³;

m ——岩石在干燥状态下的质量, g;

V ——岩石在绝对密实状态下的体积,指不包含岩石内部孔隙的实体积, cm³。

岩石的表观密度是指在自然状态下,单位体积内岩石的质量。岩石的表观密度按下式计算:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-2)$$

式中 ρ_0 ——岩石的表观密度, kg/m³;

m ——岩石在干燥状态下的质量, kg;

V_0 ——岩石在自然状态下的体积,指包含实体积和孔隙体积在内的体积, m³。

煤矿中常见的密度和表观密度见表 1-1。

二、岩石的空隙比

岩石的空隙比是指岩石中的各种孔隙、裂隙的体积占岩石内固体部分实体总体积的百

分比。它反映岩石中孔隙和裂隙的发育程度,用 P 来表示。岩石的空隙比按下式计算:

表 1-1 煤矿中常见岩石的密度和表观密度

岩石名称	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	表观密度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
砂岩	2.6~2.75	2 000~2 600
页岩	2.57~2.77	2 000~2 400
石灰岩	2.48~2.85	2 200~2 600
煤	—	1 200~1 400

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-3)$$

煤矿中常见岩石的空隙比见表 1-2。

表 1-2 煤矿中常见岩石的空隙比

岩石名称	空隙比
板岩	0.001~0.0101
石灰岩	0.053~0.250
砂岩	0.031~0.429
页岩	0.111~0.538

三、岩石的的碎胀性和压实性

岩石的碎胀性是指岩石破碎以后的体积将比整体状态下的体积增大的性质。两种状态下的体积比称为碎胀系数,用 α 来表示。岩石的碎胀系数按下式计算:

$$\alpha = \frac{V''}{V_0} \quad (1-4)$$

式中 α ——岩石的碎胀系数;

V'' ——岩石破碎膨胀后的堆积体积, m^3 。

碎胀系数与岩石的物理性质、破碎后块度的大小及其排列状态等因素有关。

岩石破碎后,在其自重和外加载荷的作用下将逐渐被压实,体积随之减小,这种压实后的体积与破碎前的原始体积之比,称为残余碎胀系数。残余碎胀系数反映破碎岩石被压实的程度,它与岩石本身的物理力学性质、外加载荷大小及破碎后经历的时间长短有关。煤矿中常见岩石的碎胀系数和残余碎胀系数见表 1-3。

表 1-3 岩石的碎胀系数和残余碎胀系数

岩石名称	碎胀系数	残余碎胀系数
砂	1.06~1.15	1.01~1.03
粘土	<1.20	1.03~1.07
碎煤	<1.20	1.05
泥质页岩	1.40	1.10
砂质页岩	1.60~1.80	1.10~1.15
硬砂岩	1.50~1.80	—

四、岩石与水有关的性质

(一) 岩石的水胀性和水解性

水胀性和水解性主要是松软岩石所表现的特征。岩石的水胀性是指软岩遇水而膨胀的性质,常以试件浸入水中后,厚度膨胀量与原始厚度之比作为水胀性指标。岩石的水解性是指软岩遇水崩解、破裂的性质,将试样浸入水中,崩解后剩余的试样质量与原始质量之比可作为水解性指数。

(二) 岩石的软化性

岩石的软化性是指岩石浸水后强度明显降低的特征,用软化系数来表示。即用吸水饱和状态下岩石试件的单向抗压强度与干燥岩石试件单向抗压强度的比值来表示水分对岩石强度的影响程度。岩石的软化系数按下式计算:

$$K_R = \frac{R_b}{R_g} \quad (1-5)$$

式中 K_R ——岩石的软化系数;

R_b ——吸水饱和状态下岩石试件的单向抗压强度,MPa;

R_g ——岩石试件在干燥状态下的单向抗压强度,MPa。

岩石浸水后的软化程度,与岩石中亲水性矿物和易溶性矿物的含量、空隙发育情况、水的化学成分以及岩石浸水时间的长短等因素有关,亲水矿物和易溶矿物含量越多,开口空隙越发育,岩石浸水时间越长,则岩石浸水后强度降低程度越大。

研究岩石的软化系数对用高压注水软化方法控制坚硬难冒顶板有着重要意义。煤矿中常见岩石的软化系数见表 1-4。

表 1-4 煤矿中常见岩石的软化系数

岩石名称	干试件抗压强度/MPa	水饱和试件抗压强度/MPa	软化系数
粘土岩	20.7~59.0	2.4~31.8	0.08~0.87
页岩	57.0~136.0	13.7~75.1	0.24~0.55
砂岩	17.5~250.8	5.7~245.5	0.44~0.97
石灰岩	13.4~206.7	7.8~189.2	0.58~0.94

五、岩石的硬度和耐磨性

岩石的硬度是指岩石表面抵抗其他较硬物体压入或刻划的能力。岩石的硬度常采用刻划法测定,硬度越大,则其耐磨性越好,钻凿越困难。

岩石的耐磨性是指岩石表面抵抗磨损的能力。岩石的耐磨性用磨损率来表示,可按下式计算:

$$N = \frac{m_1 - m_2}{A} \quad (1-6)$$

式中 N ——岩石的磨损率, g/cm^2 ;

m_1 ——岩石磨损前的质量, g ;

m_2 ——岩石磨损后的质量, g;

A ——岩石试件受磨损面积, cm^2 。

第三节 岩石的力学性质

一、岩石的变形特性

岩石受到外部载荷作用时首先发生变形,当载荷增加超过极限强度时,就会导致岩石破坏。所以岩石的变形和破坏是岩石在载荷作用下力学性质变化过程中的两个阶段。

(一) 岩石的弹性和塑性

岩石的弹性是指在外力作用下产生变形,当取消外力后,能完全恢复到原形状的性质。这种完全能恢复的变形,称为弹性变形。弹性变形是可逆的。岩石在弹性变形范围内,其应力 σ 与应变 ϵ 的比值是一个常数,这个比值称为岩石的弹性模量,即

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (1-7)$$

弹性模量 E 是衡量岩石抵抗变形能力的一个指标,其值越大,则岩石越不易变形。

岩石的塑性是指在外力作用下产生的变形,当取消外力后,仍保持变形后的形状和尺寸的性质。这种不能恢复的永久变形,称为塑性变形。塑性变形具有不可逆性。

岩石与一般固体材料不同,它的弹性变形和塑性变形往往是同时出现的。例如,岩石在弹性变形阶段就已伴随或多或少的塑性变形,甚至在刚开始出现弹性变形的时刻,便出现了塑性变形。因此,岩石是兼有弹性和塑性的材料。

(二) 岩石的流变性质

岩石的变形特性与岩石类型、加载方式、载荷大小、岩石的物理状态等因素有关。另外,许多岩石的变形并非在一瞬间完成,它与时间因素有密切关系。岩石的流变就是指岩石的应力、应变随时间因素而变化的特性。岩石的流变性质表现在以下几个方面:

(1) 蠕变。在恒定载荷持续作用下,应变随时间变化而增长的现象称蠕变。蠕变有两种情况:一是当岩石应力较小时,经过一定时间,应变能稳定下来,不再增加,称稳定蠕变;二是当岩石应力较大时,应变随时间变化而不断增加,直至岩石破碎,称不稳定蠕变。

(2) 后效弹性变形。岩石在弹性变形阶段,卸载以后,有一部分变形立刻恢复,还有一部分变形不能立刻恢复,但是经过一定时间仍能完全恢复。这部分变形,不是塑性变形,这种现象称为后效弹性变形。后效弹性变形的发展很缓慢,而且变形量所占的比重较小,通常只占弹性变形的百分之几,很少超过 10%。尽管如此,后效弹性变形在井下工程中仍有重要意义。

(3) 松弛。在应变保持一定的条件下,应力将随时间而逐渐减小的现象称为松弛。研究岩石变形的松弛性质可以更合理地选择井下支护形式。

二、岩石的强度特性

在载荷的作用下岩石变形,达到一定程度就会破坏。岩石发生破坏时所能承受的最大载荷叫极限载荷,用单位面积表示则称为极限强度。

对巷道而言,如围岩强度小于所受应力,则围岩要破坏,可能发生冒顶、片帮和底鼓等现象;如围岩强度大于所受应力,则巷道可不支护而长期稳定。影响岩石强度的因素很多,如岩石性质(岩石本身矿物成分、颗粒大小及胶结物的种类不同)、岩石的构造特征、试件的几何尺寸、岩石所处的物理状态、加载速率和岩石的受力状态等。

(一) 岩石的抗压强度

岩石试件在压缩时所能承受的最大压应力值,称为岩石的抗压强度。它是目前井下采矿工程中使用最广泛的岩石力学特性参数。

岩石的抗压强度又分为两类:岩石试件在单向压缩时所能承受的最大压应力值,称为岩石的单向抗压强度;岩石试件在三向压应力作用下所能承受的最大轴向应力(或称最大的主应力),称为岩石的三向抗压强度。

通常,岩石中含高强度的矿物多,矿物颗粒间的连接力大、空隙度小,则岩石抗压强度大;反之,岩石抗压强度小。此外,在一定变化范围内,试件尺寸越小,加载速度越大,则抗压强度越大。

(二) 岩石的抗拉强度

岩石试件在拉伸时能承受的最大拉应力值称为岩石的抗拉强度。岩石的抗拉强度,主要受其内部因素的影响,如果组成岩石的矿物强度高、颗粒之间的连接力强且空隙不发育,则其抗拉强度高。

(三) 岩石的抗剪强度

岩石的抗剪强度是指岩石抵抗剪切作用的能力,它也是反映岩石力学性质的主要参数之一。

煤矿中常见岩石的单向抗压强度、抗拉强度和抗剪强度见表 1-5。

表 1-5

煤矿中常见岩石强度值

单位:MPa

岩石名称		抗压强度	抗拉强度	抗剪强度
煤		5~50	2~5	1.1~16.5
砂岩类	细砂岩	106~146	5.6~18	17.8~54.5
	中砂岩	87.5~136	6.1~14.3	13.6~37.2
	粗砂岩	58~126	5.5~11.9	12.6~31
	粉砂岩	37~56	1.4~2.5	7~11.7
砾岩类	砂砾岩	71~124	2.9~9.9	7.2~29.4
	砾岩	82~96	4.1~12	6.7~26.9
页岩类	砂质页岩	49~92	4~12.1	21~30.5
	页岩	19~40	2.8~5.5	16~23.8
灰岩类	石灰岩	54~161	7.9~14.1	10~31

(四) 岩石各种强度之间的关系

岩石受力状态不同,其极限强度亦不同。由实验研究可知,岩石在不同应力状态下的各种强度值一般符合下列顺序:三向等压抗压强度>三向不等压抗压强度>双向抗压强度>单向抗压强度>抗剪强度>抗拉强度。

此外,实验证明,各种强度值有以下数量关系:

抗拉强度/单向抗压强度 $=1/5\sim1/38$

抗剪强度/单向抗压强度 $=1/2\sim1/15$

针对岩石强度的特点,在破岩时应使岩石单向或双向受力处于拉伸或剪切的状态,在井巷维护时应使岩石处于受压状态。

第四节 岩石分级和围岩分类

为了满足岩体工程设计、施工和管理工作的需要,对岩石进行分级和对围岩进行分类是十分必要的。由于组成岩体的岩石性质不同,岩体中裂隙发育情况存在差异,岩体力学性质比较复杂,而且因研究的目的不同,分类方法也不相同。

各种岩石按其成因和矿物成分划分种类,加以质的区别,只能满足地质工作的需要。对于采掘工程来说,则是以破碎岩石和维护围岩稳定为目的,需要对岩石按其工程性质加以量的区分,即岩石分级和围岩分类。在采掘工程中,为了提高破岩效率,合理地选择钻眼爆破参数,对小范围内的岩石加以量的区分,称为岩石分级;为了判定巷道周围岩体的稳定性并合理选择支护类型,对较大范围内的岩体加以量的区分,称为围岩分类。我国煤矿普遍应用的是以坚固性为基础的普氏岩石分级法和以围岩稳定性为基础的围岩分类法。

一、普氏岩石分级法

1926年,苏联采矿工程师 M. M. 普洛托吉雅可诺夫(简称普氏)提出用一个综合性的指标“坚固性系数”来划分岩石等级。坚固性系数不同,岩石的硬度、强度、可钻性和可爆性也不同,它表示岩石在各种采矿作业(如锹、镐、钻机、炸药爆破等)以及地压等外力作用下被破坏的相对难易程度。该方法是以岩块的强度为基础的,适用于岩石破碎方面的应用。普氏认为,岩石的坚固性在各方面的表现是趋于一致的,难破碎的岩石用各种方法都难于破碎,容易破碎的岩石用各种方法都易于破碎。

岩石的坚固性系数表示岩石被破坏的相对难易程度,用 f 表示, f 称为普氏系数。

f 值的计算,是用岩石的单向抗压强度 R_c (MPa)除以 10 (MPa),即

$$f = \frac{R_c}{10} \quad (1-8)$$

根据 f 值的大小,普氏将岩石分为十级共十五种。普氏岩石坚固性系数见表 1-6。

普氏岩石分级法的优点是指标单一简便,分类方法简单易行,给设计与施工带来了方便,在我国矿山工程中得到应用。存在的问题是:只是反映了岩石开挖的难易程度;由于定级的标准是以岩块强度为基础的,不能说明岩体的稳定性和完整性等特征,而决定岩体稳定性的主要因素是岩体的完整性;由于分类等级较多,使用起来不很方便。一般来讲,普氏岩石分级法对于松散岩体比较适用,而在坚固的裂隙发育较少的岩体中因计算结果偏大而不适用。由于普氏岩石分级法来自实践,目前在煤炭系统仍广泛应用。

为了进一步方便使用,施工现场将十级归纳为五类,即: